

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-238614

(43)Date of publication of application : 31.08.1999

(51)Int.Cl.

H01F 1/24
G11B 5/133
H01F 27/24
H02K 1/02

(21)Application number : 10-055758

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 20.02.1998

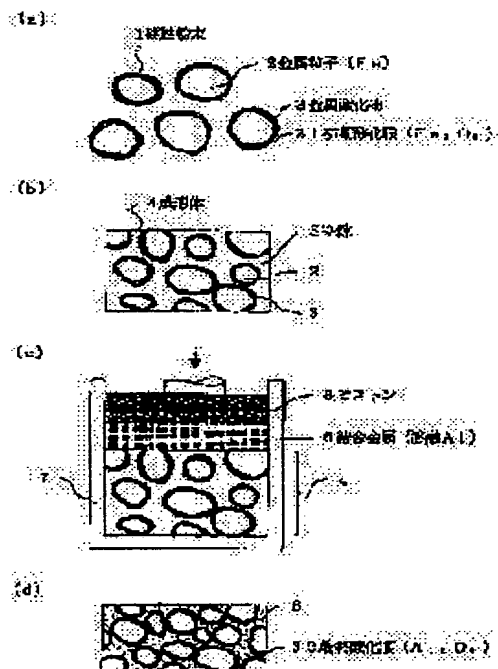
(72)Inventor : IKEDA MITSUAKI
ISHIBASHI TOSHIYUKI
ISHIDA YUJI

(54) SOFT MAGNETIC MATERIAL AND MANUFACTURE THEREOF AND ELECTRICAL EQUIPMENT USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a soft magnetic material having high permeability, superior frequency characteristics, even superior mechanical strength and high saturation magnetic flux density.

SOLUTION: In the manufacture of the soft magnetic material, a molded form 4 is molded of magnetic powder 1, consisting of the metallic particles 2 of iron or an iron alloy having initial oxide films 31 on surfaces and having mean grain size of 10-400 μm , the void sections of the molded form are impregnated with at least one kind from among of a binding metal 6 of molten aluminum, magnesium and these alloys as an element easier to be oxidized than iron, and the oxide of iron is reduced, thus obtaining the soft magnetic material with the final oxide films 32 of the binding metal. Heat treatment is conducted at a temperature of 300° C or higher after the impregnation of the binding metal, and the final oxide films 32 may also be formed. Accordingly, a stator or a rotor for a motor, a transformer, a reactor, a thyristor valve, a magnetic head, etc., can be manufactured by the use of the prepared soft magnetic material as an iron core.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.07.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-238614

(43) 公開日 平成11年(1999)8月31日

(51) Int. Cl.⁶

識別記号

FI

H01F 1/24

H01F 1/24

G11B 5/133

G11B 5/133

A

H01F 27/24

H02K 1/02

A

H02K 1/02

H01F 27/24

Z

審査請求 未請求 請求項の数19 FD

(全7頁)

(21) 出願番号 特願平10-55758

(22) 出願日 平成10年(1998)2月20日

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 池田 満昭

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 石橋 利之

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 石田 雄二

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

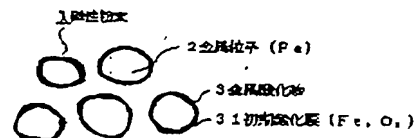
(54) 【発明の名称】 軟質磁性材料とその製造法およびそれを用いた電気機器

(57) 【要約】

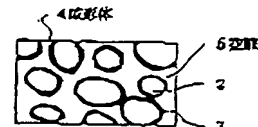
【課題】 高透磁率で優れた周波数特性を有し、機械的強度にも優れた高飽和磁束密度を有する軟質磁性材料とその製造方法ならびにそれを用いた電気機器を得る。

【解決手段】 表面に初期酸化膜(31)を有する平均粒径、10～400 μ mの鉄又は鉄合金の金属粒子(2) からなる磁性粉末(1) で成形体(4) を成形し、成形体の空隙部(5) に鉄より酸化しやすい元素として溶融したアルミニウム、マグネシウムおよびそれらの合金の少なくとも一種の結合金属(6) を含浸させて、鉄の酸化物を還元し結合金属の最終酸化膜(32)をもつ軟質磁性材料を得る。また、結合金属を含浸した後、300℃以上の温度で熱処理を行い、最終酸化膜を生成してもよい。こうして作製した軟質磁性材料を鉄心コアに用いて電動機の固定子または回転子、トランス、リアクトル、サイリスタバルブまたは磁気ヘッドなどを製作することができる。

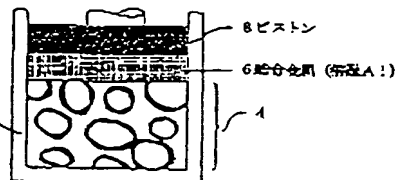
(a)



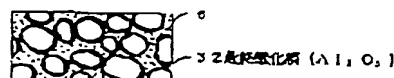
(b)



(c)



(d)



(2)

特開平11-238614

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】平均粒径10～400 μ mの鉄又は鉄合金からなる金属粒子とこの金属粒子の周囲を覆う鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物とからなる磁性粉末と、前記磁性粉末同志を結合させ、かつ前記金属酸化物の成分を含有する結合金属とを有することを特徴とする軟質磁性材料。

【請求項2】前記金属酸化物の厚さが0.02～10 μ mで、かつ前記磁性粉末の体積が全体の80%以上である請求項1記載の軟質磁性材料。

【請求項3】前記金属粒子が珪素、アルミニウムのうち少なくとも一つを含み、かつその重量比が8%以下である請求項1または2記載の軟質磁性材料。

【請求項4】前記金属粒子がセンダストまたはFe-O系合金である請求項1から3のいずれか1項に記載の軟質磁性材料。

【請求項5】前記金属酸化物がアルミニウム酸化物、シリコン酸化物、マグネシウム酸化物のいずれかである請求項1から4のいずれか1項に記載の軟質磁性材料。

【請求項6】前記金属酸化物の一部が鉄酸化物である請求項1から5のいずれか1項に記載の軟質磁性材料。

【請求項7】前記結合金属がアルミニウム、マグネシウム、またはそれらの合金である請求項1から6のいずれか1項に記載の軟質磁性材料。

【請求項8】前記結合金属が珪素を体積比で40～70%含むアルミニウム合金である請求項1から7のいずれか1項に記載の軟質磁性材料。

【請求項9】表面に金属酸化物を有する平均粒径10～400 μ mの鉄又は鉄合金の金属粒子からなる磁性粉末で成形体を成形し、前記成形体を加熱した状態で前記成形体の空隙部に結合金属である溶融したアルミニウム、マグネシウムおよびそれらの合金の少なくとも一種類を含浸させ、軟質磁性の結合体を得ることを特徴とする軟質磁性材料の製造方法。

【請求項10】平均粒径10～400 μ mの鉄又は鉄合金の金属粒子からなる磁性粉末で成形体を成形し、前記成形体を300℃以上に加熱して前記金属粒子の表面を酸化させて金属酸化物を生成し、前記成形体を加熱した状態で前記成形体の空隙部に結合金属である溶融したアルミニウム、マグネシウムおよびそれらの合金の少なくとも一種類を含浸させ、軟質磁性の結合体を得ることを特徴とする軟質磁性材料の製造方法。

【請求項11】前記結合金属を含浸した後、700℃以上で熱処理を行い前記金属粒子の残留応力を除去する請求項9または10に記載の軟質磁性材料の製造方法。

【請求項12】前記結合金属を含浸した後、300℃以上の一定温度に保持する熱処理を行い、前記金属粒子の表面に形成されていた鉄の金属酸化物を前記結合金属で還元し、前記金属酸化物を前記金属粒子の周囲に形成する請求項9から11のいずれか1項に記載の軟質磁性材

2

料の製造方法。

【請求項13】前記結合金属を前記磁性粉末に含浸する時に前記成形体内部を減圧する請求項9から12のいずれか1項に記載の軟質磁性材料の製造方法。

【請求項14】複数のスロットを有する鉄心コアと、前記スロット内に設けられる複数のコイルとを備えた電動機の固定子において、平均粒径10～400 μ mの鉄又は鉄合金からなる金属粒子とこの金属粒子の周囲を覆う鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物とからなる磁性粉末と、前記磁性粉末同志を結合させ、かつ前記金属酸化物の成分を含有する結合金属とを有した軟質磁性材料を固定子の鉄心コアとしたことを特徴とする電動機の固定子。

【請求項15】複数のスロットを有する鉄心コアと、前記スロット内に設けられる複数の導体とを備えた電動機の回転子において、平均粒径10～400 μ mの鉄又は鉄合金からなる金属粒子とこの金属粒子の周囲を覆う鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物とからなる磁性粉末と、前記磁性粉末同志を結合させ、かつ前記金属酸化物の成分を含有する結合金属とを有した軟質磁性材料を回転子の鉄心コアとしたことを特徴とする電動機の回転子。

【請求項16】鉄心コアと、前記鉄心コアに巻回されたコイルとを備えたトランスにおいて、平均粒径10～400 μ mの鉄又は鉄合金からなる金属粒子とこの金属粒子の周囲を覆う鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物とからなる磁性粉末と、前記磁性粉末同志を結合させ、かつ前記金属酸化物の成分を含有する結合金属とを有した軟質磁性材料を鉄心コアとしたことを特徴とするトランス。

【請求項17】鉄心コアと巻線とを備えたリアクトルにおいて、平均粒径10～400 μ mの鉄又は鉄合金からなる金属粒子とこの金属粒子の周囲を覆う鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物とからなる磁性粉末と、前記磁性粉末同志を結合させ、かつ前記金属酸化物の成分を含有する結合金属とを有した軟質磁性材料を鉄心コアとしたことを特徴とするリアクトル。

【請求項18】鉄心コアと巻線とを備えたサイリスタバルブにおいて、平均粒径10～400 μ mの鉄又は鉄合金からなる金属粒子とこの金属粒子の周囲を覆う鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物とからなる磁性粉末と、前記磁性粉末同志を結合させ、かつ前記金属酸化物の成分を含有する結合金属とを有した軟質磁性材料を鉄心コアとしたことを特徴とするサイリスタバルブ。

【請求項19】鉄心コアと巻線とを備えた磁気ヘッドにおいて、平均粒径10～400 μ mの鉄又は鉄合金からなる金属粒子とこの金属粒子の周囲を覆う鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物とからなる磁性粉末と、前記磁性粉末同志を結合させ、かつ前記金属酸化物

50

3

物の成分を含有する結合金属とを有した軟質磁性材料を鉄心コアとしたことを特徴とする磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高強度で、低渦電流損失、高飽和磁束密度および高周波における高透磁率を有する軟質磁性材料とその製造方法ならびにそれを用いた電動機のロータおよびステータ、リアクトル、トランス、磁気ヘッド用ヨークなどの電気機器に関する。

【0002】

【従来の技術】モータをはじめとする電気機器は近年高周波領域で使用される事が多くなった。このような機器に使用される磁性材料は優れた磁気特性を有する軟質磁性材料が選定され使用される。ところが、交流使用では鉄損（ヒステリシス損失と渦電流損失の和）が大きくてエネルギーロスとなる。渦電流損失は周波数の二乗に比例して増加するために、交流損失を少なくする目的で、例えば珪素鋼板を積層して使用する。それでも商用周波数領域で鉄損の20%を渦電流損失が占める。また、1kHz以上に成るとヒステリシス損失より渦電流損失が大きくなると共にヒステリシス損失も大きくなる。従って、高周波領域で使用される磁性材料は透磁率の低下で本来の材料自身が持っている飽和磁束密度よりはるかに低い磁束密度でしか使用する事が出来なくなる。地球環境問題からもエネルギーの節約が叫ばれており、モータでは効率の向上が不可欠となっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような問題に対して、軟質磁性材料にアモルファスを適用する事が検討されたが、渦電流損失の低減効果は有るものの製品成形時の少しの応力で磁気特性が低下するために用途がきわめて限定される。また、酸化皮膜で覆われた鉄を圧縮成形して形成した圧粉磁心（たとえば、特公平6-82577号）や樹脂を鉄粉表面に被覆した樹脂成形体（たとえば、特開平9-102409号）などが検討されている。圧粉磁心は粉体とおしの結合剤が弱いために、製品成形体を取り扱い時に欠けたり割れたりするために用途が限定される事や、電気抵抗が低くならない範囲で磁気特性を向上させる高温熱処理を長時間できないために磁気特性も不十分であった。樹脂成形体は樹脂を結合材として使用している関係で、成形時に応力で劣化した鉄の磁気特性を改善させるための熱処理を700℃以上で出来ないために、電気抵抗だけは大きい、磁気特性は非常に低かった。700℃以上で熱処理すれば樹脂皮膜が消失し電気抵抗値が低下する。そこで、本発明は高透磁率で優れた周波数特性を有し、機械的強度にも優れた高飽和磁束密度を有する軟質磁性材料とその製造方法ならびにそれを用いた電気機器を提供することを目的とする。

【0004】

(3)

特開平11-238614

4

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は以下の構成としたものである。

(1) 平均粒径10~400 μ mの鉄又は鉄合金からなる金属粒子とこの金属粒子の周囲を覆う鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物とからなる磁性粉末

と前記磁性粉末同志を結合させ、かつ前記金属酸化物の成分を含有する結合金属とを有する軟質磁性材料である。鉄より酸化しやすい金属で酸化物を構成したので、鉄酸化物を還元して新しい酸化物を作り、同時に結合材とすることができる。

(2) 前記金属酸化物の厚さが0.02~10 μ mで、かつ前記磁性粉末の体積が全体の80%以上である。酸化物の厚さを0.02~10 μ mの範囲に限定することにより、絶縁性が保たれ、固有抵抗値が100 $\mu\Omega$ cm以上と高くなる。固有抵抗値が100 $\mu\Omega$ cm以上は珪素鋼板5倍の固有抵抗値となるため、渦電流の損失を25分の1にすることができる。また、材料全体の中の非磁性相の存在が少ないので、飽和磁束密度が低下することがない。さらに、磁性粉末の体積を80%以上としたので、磁性材料の部分の減少がなく、飽和磁束密度が現在使用されている磁性鋼の値と同等の15000G以上になる。

(3) 前記金属粒子が珪素、アルミニウムのうち少なくとも一つを含み、かつその体積が8%以下である。

(4) 前記金属粒子がセンダストまたはFe-C系合金である。

(5) 前記金属酸化物がアルミニウム酸化物、シリコン酸化物、マグネシウム酸化物のいずれかである。

(6) 前記金属酸化物の一部が鉄酸化物である請求項1から5のいずれか1項に記載の軟質磁性材料。

(7) 前記結合金属がアルミニウム、マグネシウム、またはそれらの合金である。これらの元素は鉄より酸化物生成エネルギーの大きので、鉄の酸化物を還元し、絶縁抵抗の高い新しい金属酸化膜が得られる。

(8) 前記結合金属が珪素を体積比で40~70%含むアルミニウム合金である。珪素を40~70%に限定することにより、熱膨張係数が鉄粒子と同じになる。このため、熱処理時に鉄粒子に応力がかからないので、磁気特性の低下が非常に小さくなる。

(9) 表面に金属酸化物を有する平均粒径10~400 μ mの鉄又は鉄合金の金属粒子からなる磁性粉末で成形体を成形し、前記成形体を加熱した状態で前記成形体の空隙部に結合金属である溶融したアルミニウム、マグネシウムおよびそれらの合金の少なくとも一種類を含浸させ、軟質磁性材料を得る製造方法である。表面が酸化された鉄粒子の成型体に溶融した例えばアルミニウムを加圧・含浸することにより、鉄の酸化物が還元されてアルミニウムの酸化物に変わる。すなわち、アルミニウムの酸化物で覆われた鉄粒子と粒子間に結合材としてのアルミニウムが存在する材料が形成される。結合材としての

5

アルミニウムと酸化アルミニウムの境界は傾斜合金に成っている。つまり、金属アルミニウムから鉄粒子の方向に向かって次第に酸化アルミに変化していることで結合力を強くしている。更にこの構造は、成形時に鉄粒子に残存する応力を除去するために700℃以上で加熱しても酸化アルミの特性を変化させない。

(10) 平均粒径10～400μmの鉄又は鉄合金の金属粒子からなる磁性粉末で成形体を成形し、前記成形体を300℃以上に加熱して前記金属粒子の表面を酸化させて金属酸化物を生成し、前記成形体を加熱した状態で前記成形体の空隙部に結合金属である溶解したアルミニウム、マグネシウムおよびそれらの合金の少なくとも一種類を含浸させ、軟質磁性材料を得る製造方法である。

(11) 前記結合金属を含浸した後、700℃以上で熱処理を行い前記金属粒子の残留応力を除去する軟質磁性材料の製造方法である。700℃以上で熱処理することにより鉄の残留応力が除去できるので、磁気特性を著しく向上できる。また、鉄酸化物の還元と同時に新しい酸化皮膜の形成を促進できる。

(12) 前記結合金属を含浸した後、前記結合金属の融点から300℃の間の一定温度に保持する熱処理を行い、前記金属粒子の表面に形成されていた鉄の金属酸化物を前記結合金属で還元し、前記金属酸化物を前記金属粒子の周囲に形成する軟質磁性材料の製造方法である。300℃以上でアルミニウムと鉄酸化物を接触させると鉄酸化物が還元されアルミ酸化物が出来る。まだ低い温度でも良いが時間がかかるのでコスト的に不利になる。鉄酸化物とは Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 FeO 、これらの複合物質を言う。鉄酸化物を還元するために、還元条件によっては鉄酸化物が残る事もあり、特性的に影響無い程度なら問題ない。

(13) 前記結合金属を前記磁性粉末に含浸する時に前記成形体内部を減圧する軟質磁性材料の製造方法である。成

(4)

特開平11-238614

6

形体内部を減圧することにより、溶解した金属は粒子間に入りやすくなる。また、含浸時の加熱は温度を高くしたほうが融けた金属は粒子間に入りやすい。

(14) 平均粒径10～400μmの鉄又は鉄合金からなる金属粒子とこの金属粒子の周囲を覆う鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物とからなる磁性粉末と、前記磁性粉末同志を結合させ、かつ前記金属酸化物の成分を含有する結合金属とを有した軟質磁性材料を用いて鉄心コアを成形した電動機の固定子または回転子、トランス、リアクトル、サイリスタバルブ、磁気ヘッドである。

【0005】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図に基づいて詳細に説明する。図1は本発明の軟質磁性材料を製造する製造工程の概念を示す模式図である。図において、1は磁性粉末、2は金属粒子、3は金属粒子2の表面を覆う金属酸化物、4は磁性粉末1を所望の形状に成形した成形体、5は磁性粉末1の間の空隙、6は空隙5に含浸させ磁性粉末1同志を結合させる結合金属である。7は成形体4と結合金属6とを加圧含浸させる容器、8はピストンである。金属酸化物3は二種類あり、一つは金属粒子2の酸化膜で最初から既に生成している場合と、酸化処理により生成させる場合とがある初期酸化膜31であり、他の一つは結合金属6との反応により新たに生成し、最終的に絶縁皮膜となる最終酸化膜32である。磁性粉末1は鉄の金属粒子2の表面に初期酸化膜31として Fe_2O_3 が生成したものを用い、結合金属6としてアルミニウムを用いた。成形体4として、縦5mm、横10mm、長さ60mmの直方体にプレス成形したものである。つぎに、表1に示すように磁性粉末1の組成を種々変えて試料を作製した。

【0006】

【表1】

(5)

特開平11-238614

7

8

試料の作製条件

	試料 No	磁性粉末の 組成 および 粒径 (μm)	最終酸化膜 の 膜厚 (μm)	結合金属	含浸 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	鉄酸化物 還元処理 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	鉄残留 応力 除去温度 ($^{\circ}\text{C}$)	鉄酸化物 生成処理 温度 ($^{\circ}\text{C}$)
実施例	1	Fe-3%Si 100	0.02 10	Al	700	700	850	—
	2	Fe-7%Si 10	0.02 1	Mg	600	400	750	—
	3	Fe-5%Al, 400	10	Al-5Si	750	400	700	—
	4	Fe-25Co, 30	0.5	Al	770	600	900	—
	5	Fe-50Co, 100	5	Mg	660	400	800	—
	6	Fe-1Al-5Si 15	1	Al-11Si	660	500	950	—
	7	Fe, 5	1	Al	720	720	900	—
	8	Fe, 10						
	9	Fe, 400						
	10	Fe, 400	0.01	Al	700	700	820	—
	11		0.02					
	12		10					
	13		12					
	14	Fe, 50	2	Al-40Si	720	720	800	—
	15			Al-70Si				
	16	Fe 150	—	Mg	600	600	770	350
	17	Fe箔片 板厚 30	1.5	Al	680	450	980	—
比較例		Fe, 100	1 μm	—	—	—	800	—

【0007】成形体4の形状は図2に示す外径30mm、内径20mm、高さ5mmのリング状のものおよび図1に示す縦5mm、横10mm、長さ60mmの直方体にプレス成形したものをを用いた。リング状試料は磁気測定を行い透磁率と飽和磁束密度を測定するために、直方体試料は抵抗値と衝撃試験を行うために使用した。成形圧力は7ton/cm²とした。No16の試料に付いては粒子の表面に初期酸化膜31が付いていないので、成形体4を空气中で350℃で8時間加熱して初期酸化膜31を形成した。その後他の成形体4と共に表1に示した温度に加熱後、溶融した結合金属6を図1に示したような装置で加圧含浸した。成形体4の組織の模式図を図3に示す。初期酸化膜31と結合金属6とが反応してできた最終酸化膜32である絶縁皮膜が認められる。最終酸化膜32は膜厚や材質などを電子顕微鏡とX

線マイクロアナライザで測定したが、絶縁皮膜の中には鉄酸化物が残っているものも有った。加圧・含浸した後、その含浸温度で初期酸化膜31の還元と同時に生成した最終酸化膜32を形成をした試料（No. 1、7～16）および含浸温度より低い温度で生成した最終酸化膜32を試料を形成した。比較例として初期酸化膜31だけがあり、結合金属のない試料を加えた。次に、鉄の金属粒子2の残留応力を除去する熱処理を実施した。なお、含浸温度を750℃以上にしてその温度に保持すれば改めてこの処理は必要ない。形成した試料はいずれも80体積%以上に成るように調整している。透磁率、飽和磁束密度、抵抗値の各測定結果および衝撃試験の結果を表2に示す。

【0008】

【表2】

神

(6)

特開平11-238614

9

10

試験結果

	試料 No	固有抵抗 $\mu\Omega\text{cm}$	衝撃テスト	透磁率	飽和磁束密度 (kG)	総合評価
実施例	1	150 ~ 1000	折れなし	4200	18	○
	2	150 ~ 300		6000	16	○
	3	1000		3800	17	○
	4	200		3200	21	○
	5	500		3000	22	○
	6	300		4500	19	○
	7	400		2000	10	×
	8	400		3300	19	○
	9	350		3800	19	○
	10	50		4000	20	×
	11	200	折れなし	4000	20	○
	12	1000		4000	19	○
	13	2000		4000	12	×
	14	680		7000	19	○
	15	430		7100	19	○
	16	350		4200	19	○
	17	400		4100	19	○
比較例		250	折れあり	4000	19	×

【0009】本実施例のうち、数値限定の範囲外のNo. 7、No. 10、No. 13の試料および比較例のものを除いては、全ての特性を満たしており、満足できるものである。No. 14、15は結合金属6の熱膨張係数が鉄とほぼ同じであるため歪の影響が少なく透磁率が高くなっている。No. 2は鉄-シリコン合金が歪の影響を受け難いために透磁率が高い。比較例として用いた初期に鉄酸化皮膜の無い試料は、衝撃試験で容易に折れる。No. 7の試料は磁性粉末1の粒径が小さいので透磁率が低い。No. 10の試料は金属酸化物の厚さが薄いので抵抗が低い。No. 13の試料は磁性粉末1の最終酸化膜32の厚さが厚すぎるために飽和磁束密度が低い。次に本発明の方法で電気機器に用いられる成形体を形成した。外径45mmのモータ用ステータ、500mm角のトランス用ヨークおよび磁気ヘッドの例をそれぞれ図4～6の斜視図に示す。いずれの電気機器も欠け割れもなく優れた成形体を得られた。なお、成形時に磁界を印加すれば、一定方向に磁気特性が優れた異方性材料を得ることができる。このように、交流電圧で使用される電気機器の損失を低減でき、また、成形を一括で出来るので、例えば珪素鋼板を積層する手間が省け、複雑形状にも適するなど大幅なコストの低減が期待できる。

【0010】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、鉄より酸化しやすい元素を主成分とした金属酸化物で周囲を覆われた鉄又は鉄合金からなる金属粒子と磁性粉末同志を結合する結合金属とを加圧含浸させる方法を用いたので、機械的強度、磁気特性、高電気抵抗に優れた軟質磁性材料が得られた。このために、交流電圧で使用される電気機器の損失を低減できる効果が有る。また、成形を一括で出来るので、例えば珪素鋼板を積層する手間が省け、複雑形状にも適するなど大幅なコストの低減が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の軟質磁性材料を製造する製造工程を示す模式図である。

【図2】本発明の成形体の構造を示す斜視図である。

【図3】図2の組織構造を示す拡大模式図である。

【図4】本発明で形成したモータステータの斜視図である。

【図5】本発明で形成したトランスコアの斜視図である。

【図6】本発明で形成した磁気ヘッドの斜視図である。

【符号の説明】

(7)

特開平11-238614

12

11

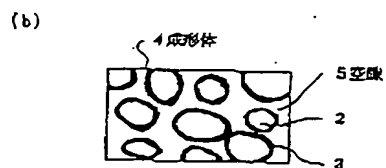
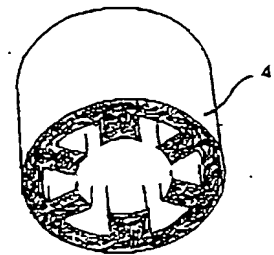
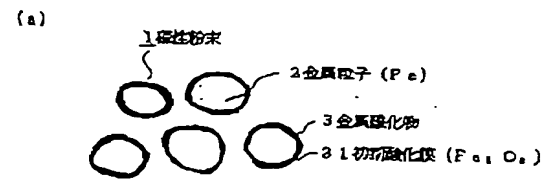
- 1 : 磁性粉末
 2 : 金属粒子
 3 : 金属氧化物
 3 1 : 初期酸化膜
 3 2 : 最終酸化膜

- 4 : 成形体
 5 : 空隙
 6 : 結合金属
 7 : 容器
 8 : ピストン

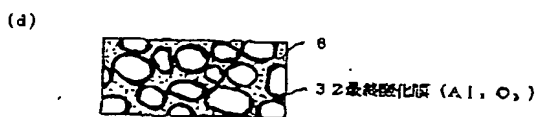
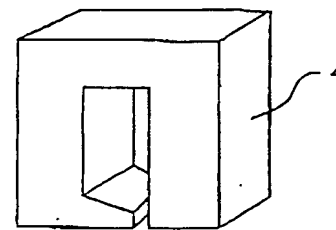
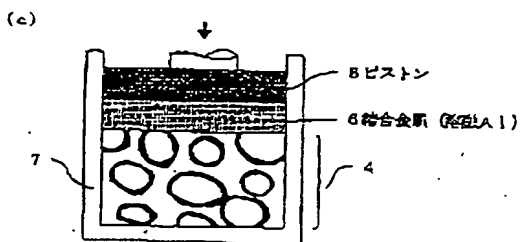
【図1】

【図2】

【図4】



【図6】



【図3】

【図5】

